

# Базово бакалавърско обучение по теория на управлението

К. Ищев, Ал. Ищев, Н. Атанасов

## Анотация

В доклада се дискутират някои въпроси, свързани с началното обучение на студенти от различни специалности по базови раздели от теорията на управлението. Коментира се връзката му с отделните етапи от развитието на науката, обхвата на изучаваните въпроси, практическото обучение чрез лабораторни упражнения и курсово проектиране, използването на компютри и начините за оценка на знанията на студентите.

## Въведение

Напоследък има повишен интерес към търсене на начини за подобряване на обучението във ВУЗ, в частност и в областта на теорията на управлението (ТУ). Подобавашо внимание за оценка на напредъка при обучението на студентите и за набелязване на насоките за неговото развитие се отделя на конгресите на IFAC. Активна роля играе и „Technical Committee on Control Education of IFAC”(EDCOM), който на всеки три години организира симпозиуми „Advances in Control Education” (ACE) [1].<sup>1</sup> От материалите на тези научни форуми се вижда разширяване на кръга на обучаваните в тази област и растяща загриженост за разпространението на знанията и опита по различни подходи и методи за обучение [2].

Още в началото на века (на ACE2000) е констатирана тенденция за безпрецедентно нарастване на възможностите на науката и технологиите на автоматичното управление, което би могло „да се превърне в крайъгълен камък на нова техническа революция” [3]. Фундаменталният характер на принципа на обратната връзка и необходимостта от включването на принципите и методите на ТУ като необходима част от базовите знания на всички учени или инженери бе аргументирана от Åström на седмия симпозиум на ACE [4].

Като един начин за повишаване на ефективността на обучението често се предлага въвеждане на нови технологии в него. Например използване на Internet и web технологии за реализиране на дистанционно обучение и виртуални лаборатории [2]. Добре известно е обаче [5], че осигуряване на високо качество на обучението в дистанционното или смесеното обучение чрез привличане на новите технологии изисква значително по дълга подготовка и време за проверки отколкото традиционното обучение. Освен това може да има проблеми или ограничения при обмяна на опит и/или ресурси между различни катедри или университети, която обмяна би облекчила решаването на задачата. Изхождайки от положителния опит в преподаването на базовите раздели от математиката пред инженерните студенти, което до голяма степен е унифицирано, група преподаватели от 4 английски университета поставя въпроса дали, макар и в по-малка степен, такъв ефект може да се получи в областта на автоматиката [5]. По конкретно:

- има ли общо съгласие в инженерните специалности да се въведе изучаване на ТУ?
- дали такова съгласие е приоритетно?
- има ли воля да се търси по-ефективна обмяна на опит и сътрудничество?

---

<sup>1</sup> Поредният (осми) симпозиум (ACE'09) бе проведен през Октомври миналата година в Япония

Подобни въпроси се обсъждат и в България. Обща дискусия по проблемите при обучението в областта на автоматиката и информатиката и решение за нейното продължаване в бъдеще бе проведена на неотдавнашна едноименна конференция „А&I”. През 2007 г. в рамките на същата конференция беше проведен симпозиум „Computer aided education in system and control”, част от докладите на който бяха посветени на използване на лабораторни стендове в обучението по системи и управление. Имаше и доклади, в които се коментираха повече аспекти в обучението на студентите от специалност „Автоматика, информационна и управляваща техника” (АИУТ). В [6] се повдигнаха за дискусия въпроси като: необходимост от унификация на обучението по ТУ за специалност АИУТ в различните университети в България, по-теоретична или по-приложна да е насочеността на обучението, какви да са отделните форми на обучение и др. Настоящият доклад цели да предизвика продължение на такава дискусия. В случая обаче, с отчитане на казаното по-горе, не се има в предвид само АИУТ, а доста широк кръг инженерни (и не само такива) специалности.

### Наука и образование

Образованието е и трябва да е консервативна система. То отразява новостите в науката с известно закъснение. Закъсненията са най-големи във фундаменталните дисциплини (напр. в математиката закъсненията може да се измерват с векове).

Визираното тук базово обучение по ТУ отразява развитието на науката в периода около и след втората световна война. Това развитие се разделя от Åström [4] на 3 фази:

- Теория на сервомеханизмите (1945г.). Двигателна сила за нейното развитие са били системи с военно предназначение - за управление на огъня, радарите.....Теорията (наричана сега **класическа** теория на управлението) се основава на предавателни функции, структурни схеми, честотни методи, аналогово симулиране.
- Втора фаза (1965) - (наричана известно време **съвременна** теория на управлението). Двигателна сила за нейното развитие са компютрите, космическите полети и апарати, цифровото управление на процеси..... Теорията включва обратна връзка по състояние, Калманови филтри, LQG, интелигентни системи,  $H_\infty$  управление,  $\mu$ -синтез, предсказващо управление, диагностика и управление при неизправности.....
- Трета фаза (2005?) , която според Åström се характеризира с „управление навсякъде” или „експлозия на приложенията”. Двигателна сила ще бъдат вградените системи, управление на/чрез комуникационни мрежи, биологични системи.....

В списанието *IEEE Control Systems Magazine* (April 1996) е изследвано обучението по ТУ по света (12 специализирани статии, разглеждащи образованието в 12 страни или региони). Във всички учебни планове класическата теория на управлението (отбелязана по-горе като първа фаза) е била използвана като базово начало на това обучение в бакалавърската степен. Навсякъде се подчертава значението на лабораториите, на цифровите компютри и CAD програми, като например MATLAB, което и в България е често срещана практика..

Анализът на бакалавърското обучение по управление в университетите по света показва използване на различни сценарии. Те могат да бъдат групирани в три различни типа специалности [3]:

- няколко (от един до три) курса по управление в други инженерни специалности;
- инженерни специалности с известна специализация по управление;
- специалност по системи за управление (такава в България е АИУТ).

## **Обхват на базовото обучение по ТУ в България**

В България преобладават първият и третият случаи от горната класификация. Базовото обучение по ТУ за специалност „АИУТ” е разгледано по-подробно в [6]. За него в учебните планове са предвидени 2 (или 3) курса, наименованието на които са най-често ТУ1, ТУ2, (ТУ3, Основи на автоматиката). ТУ1 обикновено обхваща класическата теория, спомената по-горе в първата от трите фази, но използва съвременни програмни системи (MATLAB/SIMULINK) . В ТУ2 (ТУ3) се разглеждат най-вече методите на пространството на състоянията за непрекъснати и за дискретни системи. Освен тях в някои университети (ХТМУ, ТУ-Варна, УХТ и ТУ в Пловдив) се изучават и нелинейните системи, а в други (ТУ-София, ТУ-Варна) – статистическите методи.

По подобие с началните курсове в повечето световни университети, базовите концепции на класическата теория се изучават върху непрекъснати системи. Няколко аргумента за това са посочени в [5]: акцентът върху дискретните системи е по-нисък отколкото преди няколко години, т.к. възможностите за дискретизация с малка стъпка правят дискретните системи близки до непрекъснатите; практически всички лабораторни обекти, върху които се илюстрира управление в реално време са непрекъснати; илюстрацията в Simulink също се постига с непрекъснати блокове; изучаваните въпроси са свързани с други теми като ел-вериги, динамика, измервания, моделиране. Разбира се, такива съображения не трябва да омаловажават ролята на цифровото управление, което непрекъснато разширява своите области на приложения и заслужава изучаване в специални курсове.

По принцип базовото обучение по ТУ в другите инженерни специалности не би следвало да се различава съществено от това в АИУТ (където, освен него, се изучават предвидени голям брой конкретизиращи и задълбочаващи знанията курсове). Обхватът и дълбочината на изучаваните раздели в базовото обучение зависи основно от заделения за него хорариум в учебния план. За съжаление в учебните планове на другите специалности в България за базовото обучение по цялата ТУ е предвиден обикновено само по един курс. Основната част от обучението в този случай трябва да е близка до тази в курса ТУ1. В последния тя съдържа: въвеждане на основните понятия и принципи на управление; математични модели (диференциални уравнения, предавателни функции, структурни схеми); времеви и честотни характеристики, устойчивост (обща и частни условия, алгебрични и честотни критерии); анализ на качеството на преходните процеси, ходограф на корените, синтез на коригиращи звена. За другите специалности, ако хорариума на дисциплината позволява или ако има втори курс по ТУ, би трябвало да се добавят раздели по типови регулатори, по цифрови системи за управление, по пространство на състоянията (в АИУТ има отделни курсове за тях). Пример за такъв разширен курс, в който има раздел и по статистически методи, е курсът по ТАУ за специалност „Авиационна техника и технологии” в Технически университет – София. За да бъде обхванат толкова широк кръг въпроси допринесе добавянето преди две години в учебния план и на курсова работа, което позволява лекциите да бъдат изнасяни проблемно, а детайлите да се усвояват от студентите самостоятелно и в предвидените специално за целта часове за консултации с преподавателите. Осигурена е и помощна литература по отделните съставки на курса [7, 8, 9].

## **Практическо обучение**

Практическото обучение по теория на управлението обикновено е във формата на лабораторни упражнения. Много от тях се реализират върху компютри и са базирани на програмната система MATLAB/SIMULINK. Тя е подходяща за облекчаване на процеса

на практическо запознаване с методите за моделиране, анализ и синтез на системи за управление, но абсолютизирането на ролята на компютрите крие опасност от подценяване от страна на студентите на необходимостта от задълбочено усвояване на теорията. Други проблеми възникват при голям брой студенти в една подгрупа. Заданията се изпълняват от отделни студенти, а останалите техни колеги са пасивни наблюдатели.

Решение тези проблеми търсим чрез неявно включване на „семинарна“ част към съответните лабораторни упражнения и чрез индивидуални задания за всеки студент. Заданията се дават предварително и се изисква аналитичната част да бъде извършена „на ръка“ от студентите. След това решенията се проверяват, уточняват или допълват с използването на компютъра. Например в Упражнение 5 от [8] („Честотни характеристики на системи“) е дадена таблица с 34 варианта на предавателни функции на системи. Всеки студент трябва: а) да построи („на ръка“) асимптотичните ЛАЧХ и ЛФЧХ за зададен от преподавателя вариант; б) да построи в средата на MATLAB ЛАЧХ и ЛФЧХ на същата система; в) да анализира разликите между асимптотичните и точните характеристики. За същата система се строи и амплитудно-фазовата характеристика: приблизително („на ръка“ – без изчисления) и с MATLAB. Индивидуални варианти са предвидени и в други упражнения.

За потвърждаване на редица теоретични резултати може да се препоръчат също и експериментални изследвания върху лабораторни физически модели на системи за управление. Това ще доведе до получаване на опит и физическа представа за такива понятия, като честотни характеристики, времеви характеристики, устойчивост, граничен коефициент на усилване и т.н. Ако освен това резултатите от физическите експерименти се сравнят с резултатите от компютърното симулиране, в студентите ще се вдъхне по-голяма увереност и убеденост в компютърните методи за анализ, синтез, симулация и др.

Още по-голям ефект при практическото запознаване с методите на ТУ се получава ако се засили самостоятелната работа на студентите чрез изпълнение от тях на курсов проект или поне на курсова работа. В такъв случай ролята на лабораторните упражнения е студентите да се запознаят с програмните продукти и с лабораторните модели, а в рамките на проекта самостоятелно да направят цялостно изследване и проектиране на една конкретна система. Независимо, че част от студентите се опитват да ползват решения или „помощ“ от колегите си, индивидуалните им задания изискват собствен поглед върху резултатите и избор на най-подходящ метод за получаване на собствено решение. Много полезно за студентите би било, ако се възприеме по-широко формата за докладване на резултатите от курсовото проектиране (както и от лабораторните упражнения) пред техни колеги. Такава форма е възприета от някои университети извън България [10]. У нас тя е по-скоро изключение. Използва се от ограничен брой силно мотивирани за обучението си студенти от старшите курсове, например такива, участващи в научно-изследователски проекти, докладващи резултати на студентски научни сесии. Останалите студенти се учат да докладват едва при дипломните си защиты и в резултат го правят най-често без голям успех.

Ефективността на практическото обучение на студентите зависи от това дали те са мотивирани за съвместно изпълнение на задачите. Защитата на протоколите от лабораторните упражнения и на проектите е задължителна, въпреки че понякога се „претупва“ или подценява от преподавателите. Достатъчно мотивиране на повечето от студентите може да се постигне ако резултатите от лабораторните упражнения и от

курсните работи се включат, например равностойно с тези от изпита, в общата оценка по тази учебна дисциплина.

## **Изпит**

Писмената форма на изпитите е регламентирана в правилниците на университетите и не подлежи на дискусия. Може да се дискутира обаче конкретната реализация на писмения изпит, която да се съобрази с спецификата на визираната тук сравнително сложна теория. Всяка от „традиционните“ реализации на изпита – чрез тестове, теоретични въпроси или задачи има недостатъци. Задаването на теоретични въпроси от предварително раздадения на студентите конспект, а до известна степен и тестовете, ги стимулира към механично запаметяване, към преписване или към подготовка на „пищови“. Решаването на конкретни задачи стимулира студентите към използване на шаблони. В някои университети са разработени програмни системи, включващи и компютърно провеждане на изпита. Но също има резерви по тяхното използване, особено при големи групи или даже потоци в бакалавърската степен: липса на достатъчен брой компютри, трудно изготвяне на голям брой тестове, препредаване между студенти на отговорите (напр. чрез e-mail), затруднения на някои студенти (напр. бавно въвеждане на формули/текст) и др. [5].

Всеки преподавател има свой предпочитан начин на изпитване и едва ли следва да се прави опит за стандартизиране и на това. Полезно е обаче да споделим взаимно своя опит, което би било полезно поне за по-младите преподаватели. В катедра „Системи и управление“ отдавна съществува практика да се разрешава на студентите да ползват при изпита (в по-малка или в по-голяма степен) помощна литература: лекциите си, учебници, справочници, ръководства. Това кара студентите при посещаването на лекциите и при подготовката към изпита да се стремят към разбиране на проблемите, а не към механично запомняне на „нещо“ по въпросите. Разбира се заданията по изпита трябва да бъдат подготвени така, че отговорите да не могат да бъдат буквално преписани от разрешените за ползване справочни материали. Това може да стане като се задават въпроси или задачи, които изискват знания по няколко раздела от ТУ, напр. преобразуване на модели и обосновка и компетентно използване на подходящ метод (от няколко възможни) за решаване на конкретна задача. Времетраенето на изпита трябва да е достатъчно за спокойно изпълняване на цялото задание при предварително усвояване на теоретичния материал и да е напълно недостатъчно, ако се разчита съответните въпроси да се “изучават” в момента.

## **Заклучение**

Някои от третираните тук проблеми са дискуссионни. Все пак, на базата на собствения ни опит и опита на колеги от други университети, който също бе обсъждан по-горе, може да бъдат направени някои заключения.

За сега обучението в България на други специалности (извън специалността АИУТ) по принципите и методите на управлението не е достатъчно както по брой на обхванатите от него специалности, така и по отделяния хорариум в учебните планове. Съобразяването с тенденциите за разширяване на областите на приложение и за осъзнаване на фундаменталния характер на управлението би трябвало да доведе до повишаване на неговия приоритет.

За подобряване на обучението в тази „наша“ обща област е важно продължим дискусии да установяваме и да поддържаме регулярни контакти и да обменяме опит, вместо да разчитаме на непълната и не достатъчно често актуализираната информация

от страници на университетите, в които се провежда обучение по теория на управлението

Значителна стъпка към облекчаване на изчисленията при анализа, синтеза и симулационните изследвания е използването на подходящ софтуер. Такъв е програмната система MATLAB/SIMULINK. Следва обаче да се отчита, че и при обучението и по-късно те трябва да се използват като инструмент. Необходимо е да се прави баланс между компютърното и ръчното решаване на задачите. Важно е първо да се усвоят концепциите, принципите и методите, да може да се оценяват предварително очакваните резултати преди да се търсят с компютър по-точни решения. Компютърните симулации на системите са много полезни и вече не са проблем, но не може изцяло да заместят физическия опит. Използването на физически модели на системи за сега изглежда трудно реализуемо при масовото обучение (голям брой студенти, недостатъчен брой модели), но е добре да се използва поне като илюстрация.

## **БЛАГОДАРНОСТ**

Тази статия е финансирана от НИС на ТУ-София - по проект 102ни046-08.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. IFAC Newsletter, No.3, June, 2010.
2. Chul-Goo Kang. e-Learning Experiences in Control Education. Proceedings of the 17<sup>th</sup> IFAC World Congress Seoul, Korea, July 6-11, 2008, pp. 9093-9098.
3. Ronaldo T. Pena, Fábio G. Jota and Constantino Seixas-Filho. A New Undergraduate Degree in Control Engineering. IEEE Transaction on education, vol. 44, No.4, November 2001.
4. Åström, K.J. Challenges in Control Education. Proc. of the 7th IFAC Symposium on Advances in Control Education, Plenary Lecture, June 21-23, 2007, Madrid, Spain
5. Rossister, J., D. Giaouris, R.J. Mitchell, P. McKenna. Typical control curricula and using software for teaching/assessment: a UK perspective. Proceedings of the 17<sup>th</sup> IFAC World Congress Seoul, Korea, July 6-11, 2008, pp. 10331-10336.
6. Ищев, К., Ел. Хараланова. Дискусионни проблеми в обучението по теория на управлението. Международна конференция «Автоматика и Информатика'07, 4-6 Октомври 2007, София.
- 7.Ищев, К. (2007). „Теория на автоматичното управление” . ТУ-София (190 стр.)
8. Пулева, Т., Ал. Ищев (2007). „Теория на автоматичното управление. Ръководство за лабораторни упражнения”. ТУ-София (155 стр.)
- 9.Ищев, Ал., (2006). “Теория на автоматичното регулиране и управление (теория, решени примери и задачи)”. ТУ-София (97 стр.).
10. Education area Control Systems at Department of Electrical Engineering Linköping University. Application for Award for Excellent Quality in Higher Education 2007. dnr 649-183-07. Contact person: Svante Gunnarsson +46-13-281747, [svante@isy.liu.se](mailto:svante@isy.liu.se)
11. Richard Dorf and Robert Bishop (2008). Modern Control systems, Prentice Hall, ISBN-10: 0132270285